

CT重建下经侧入路卵圆孔穿刺入路建立及其应用

梁原浩¹,肖文珊²,彭盛昕³,张翼翔¹,师彬⁴,于功昌⁴,刘垒⁵

(1.山东第二医科大学中医学院,山东 潍坊 261053; 2.山东第一医科大学运动医学与康复学院,山东 泰安 271016; 3.滨州医学院康复医学院,山东 滨州 256603; 4.山东第一医科大学附属颈肩腰腿痛医院疼痛科,山东 济南 250014; 5.山东第一医科大学第一附属医院疼痛科,山东 济南 250014)

摘要:目的 探讨三维CT引导下以经颞弓下紧贴下颌骨的乙状切迹上缘为皮肤穿刺点,经侧入路的卵圆孔穿刺方法,为选择性射频热凝半月神经节治疗三叉神经痛,提供一种新的可行性治疗途径。方法 取已锯开顶骨的成年人颅骨标本3具,用22G射频穿刺针分别模拟Hartel前入路及侧入路穿刺,针尖均进入卵圆孔内,应用CT对带有穿刺针的颅骨标本进行扫描,建立卵圆孔穿刺的CT下标准影像。依据CT重建的图像数据,对两种不同路径的穿刺针体、针尖位置关系进行测量、分析,获得侧入路穿刺到达半月神经节靶点的规律和技巧。同时选取2022年3月至2023年2月山东第一医科大学第一附属医院疼痛科收治行侧入路穿刺进入卵圆孔,对半月神经节进行温控射频热凝治疗的64例原发性2、3支三叉神经痛患者临床资料进行回顾性分析,观察疗效及感觉减退情况。结果 通过穿刺针和颅骨标本配合,经由CT扫描及重建图像,对比两种穿刺路径,指导CT引导下经皮侧入路卵圆孔穿刺技术的建立。对64例原发性三叉神经第2、3支疼痛患者应用该技术进行穿刺,均可成功进入卵圆孔,实现了对半月神经节选择性的射频热凝治疗。术后随访1周至12个月,平均(6.0±1.9)个月,患者疗效满意且无复发。结论 CT引导下经颞弓下紧贴下颌骨的乙状切迹上缘为皮肤穿刺点,侧入路卵圆孔穿刺技术,为选择性射频热凝半月神经节治疗三叉神经痛提供一种疗效确切、可行的、值得临床推广的治疗途径。

关键词:三叉神经痛;射频;三维CT重建;卵圆孔;侧入路;颅骨标本

中图分类号:R651.1

文献标志码:A

Establishment and application of three-dimensional computed tomography reconstruction-guided percutaneous lateral approach for foramen ovale puncture

LIANG Yuanhao¹, XIAO Wenshan², PENG Shengxin³, ZHANG Yixiang¹,
SHI Bin⁴, YU Gongchang⁴, LIU Lei⁵

(1. College of Traditional Chinese Medicine, Shangdong Second Medical University, Weifang 261053, Shandong, China; 2. College of Sports Medicine and Rehabilitation, Shandong First Medical University, Taian 271016, Shandong, China; 3. College of Rehabilitation Medicine, Binzhou Medical University, Binzhou 256603, Shandong, China; 4. Department of Pain Treatment, Neck-Shoulder and Lumbocrural Pain Hospital of Shandong First Medical University, Jinan 250014, Shandong, China; 5. Department of Pain Treatment, The First Affiliated Hospital of Shandong First Medical University, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: Objective To investigate three-dimensional computed tomography (CT)-guided percutaneous lateral approach for foramen ovale puncture and introduce a novel method for treating trigeminal neuralgia through selective radiofrequency thermocoagulation. **Methods** Three adult skull specimens with sawn parietal bones were scanned using a 22 G radiofrequency puncture needle. The Hartel anterior and lateral approaches for puncture were simulated. The needle

收稿日期:2024-02-28

基金项目:2020年山东省体医融合项目培育库试点项目(62);2021年度山东第一医科大学校级教育教学改革研究课题(2021XY08);山东省重点研发计划(2022CXGX020510);齐鲁医派中医学学术流派传承项目(鲁卫函[2022]93号);2020年度齐鲁卫生与健康领军人才培养工程项目(鲁卫人才字[2020]3号);2024第一批山东省体卫融合示范项目(鲁体办字[2023]28号)

通信作者:刘垒。E-mail:fort0825@sina.com

tips were inserted into the foramen ovale, followed by skull CT scan with the puncture needles in place. The specimens were scanned to establish a standard image for CT perforations. Using the CT reconstruction data, the relationship between the needle positions and tips for the two pathways was measured and analyzed. This analysis helped determine the techniques and skills required for the lateral approach puncture to accurately target the semilunar ganglion. Additionally, the clinical data of 64 patients with primary trigeminal neuralgia types 2 and 3, who were treated with radiofrequency thermocoagulation in the Gasserian ganglion from March 2022 to February 2023, were retrospectively analyzed to assess treatment efficacy and sensory loss. **Results** Using the needle and skull specimen, complemented by CT scan and image reconstruction, two puncture pathways were compared. The CT-guided percutaneous lateral approach facilitated the successful establishment of a foramen ovale perforation, which was applied to treat 64 patients with primary trigeminal neuralgia, achieving successful entry into the foramen ovale and enabling selective ganglion radiofrequency thermocoagulation. The patients were followed for 1 week to 12 months, with an average of (6.0 ± 1.9) months, and reported treatment satisfaction and no recurrence. **Conclusion** The application of CT-guided percutaneous lateral perforation technique provides a new and feasible therapeutic approach for treating trigeminal neuralgia by selective radiofrequency thermocoagulation of the semilunar ganglion.

Key words: Trigeminal neuralgia; Radio frequency; 3D-CT reconstruction; Ovarian foramen; Lateral approach; Skull specimens

三叉神经痛(trigeminal neuralgia, TN)是常见的神经系统疾病之一,好发于中老年人,女性多见^[1]。经皮穿刺三叉神经半月神经节射频毁损是治疗三叉神经痛的有效方法^[2]。目前临床上穿刺半月神经节,绝大多数应用 Hartel 前入路^[3]。但该方法存在穿刺路径长、穿刺贴近口腔易感染、初学者掌握难度大等问题。本研究前期曾报道过经侧方入路行半月神经节射频热凝治疗三叉神经痛,取得满意疗效^[4]。该方法具有路径短、安全性好等优点^[5]。本研究通过三维 CT 重建颅骨标本对比两种穿刺路径,确定以颧弓下紧贴下颌骨乙状切迹上沿为皮肤穿刺点的侧入路穿刺路径,并总结侧入路的穿刺规律、技巧和优点,旨在为临床提供一种可靠、简单、安全有效的穿刺途径。

1 资料与方法

1.1 一般资料

1.1.1 材料与设备

成人颅骨标本 3 具(顶骨已锯开),22G 射频穿刺针(瑞典 Elekta 公司),GE Lightspeed 128 层螺旋 CT 机(美国 GE 公司),R-2000B 型射频热凝器(北京北琪医疗科技股份有限公司),无菌穿刺包,局麻药。

1.1.2 临床资料

选取 2022 年 3 月至 2023 年 2 月山东第一医科大学第一附属医院疼痛科就诊的原发性三叉神经痛(2 或/和 3 支),自愿接受射频治疗患者 64

例,其中男 44 例,女 20 例,35~85 岁,平均 59.1 岁。右侧 40 例,左侧 24 例。疼痛分支:单纯第 2 支 12 例,单纯第 3 支 20 例,合并 2、3 支 32 例。病程 6 个月~14 年,平均 3.9 年。39 例合并有高血压病,41 例合并有冠心病。患者均有典型的三叉神经神经分布区阵发性闪电样剧痛,疼痛可由刷牙、洗脸或咀嚼而诱发。均有口服卡马西平、苯妥英钠等药物治疗史,其中 15 例有曾行卵圆孔半月神经节或者三叉神经周围支射频治疗史,9 例曾行微血管减压手术史,17 例有局部神经药物阻滞史。所有患者均为疼痛再次发作来诊,且再行口服药物治疗效果不佳。术前均经临床全面检查及做颅脑 CT 或 MRI 及脑电图等特殊检查,以排除颅内胆脂瘤引起的继发性三叉神经痛^[6]。本研究经山东第一医科大学第一附属医院伦理委员会批准([2023]伦审字(S397)号)。

1.2 方法

1.2.1 CT 扫描颅骨标本,模拟建立 Hartel 入路和侧入路穿刺图像

取已锯开顶骨的成年人颅骨标本 3 具,模拟人体仰卧时的头部自然体位,置于 CT 机头托上(见图 1)。选取 15 cm 长度 22 G 射频穿刺针,模拟三叉神经半月节 Hartel 前入路和侧入路穿刺,通过颅骨标本观察,为达到更精准的侧入靶点穿刺,侧入路的皮肤穿刺点由颧颌点(即颧弓下缘中点之下约 1 cm 处的下颌切迹上缘)改良为下颌骨紧贴乙状切迹上沿处^[5],见图 2A 标记 P 点。射频穿刺针尖均达卵圆孔内口处,软垫填塞穿刺针与颅骨之

间空隙,以使穿刺针在模拟的路径上保持稳定。CT扫描颅骨标本获得定位像,再以针尖所在的卵圆孔为中心,沿与床位垂直方向选取扫描框,对整

个颅骨标本进行层厚 0.625 mm CT 薄层扫描,利用 CT 重建技术,得到颅骨标本与两个不同路径穿刺针的三维图像,记录并保存图像(图 2)。

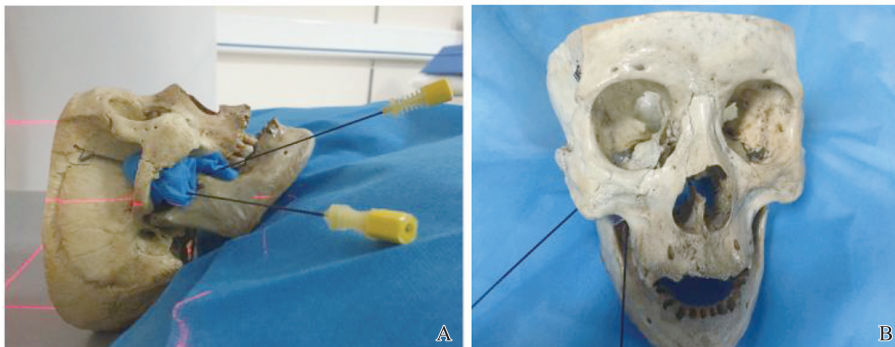


图 1 CT扫描颅骨标本,模拟 Hartel 入路和侧入路穿刺
A:侧面图像;B:正面图像。

Figure 1 Computed tomography of the skull, simulating the Hartel and side approaches puncture
A: The side image; B: The front image.

1.2.2 测量两种穿刺路径之间的关系

通过三维重建图像,观察在标准的矢状位、冠状位、横轴状位下,两个穿刺针之间的位置关系。通过观察和测量两针夹角:矢状位约呈 0° ,冠状位约呈 30° ,轴位约呈 30° 。由此推断,需使

侧入路穿刺针进入卵圆孔的尖端位置向上 30° 成角,同时穿刺针入卵圆孔时需向背侧旋转 30° ,方可纠正冠状位、轴位的成角,达到 Hartel 入路相同的半月神经节穿刺效果(图 2)。

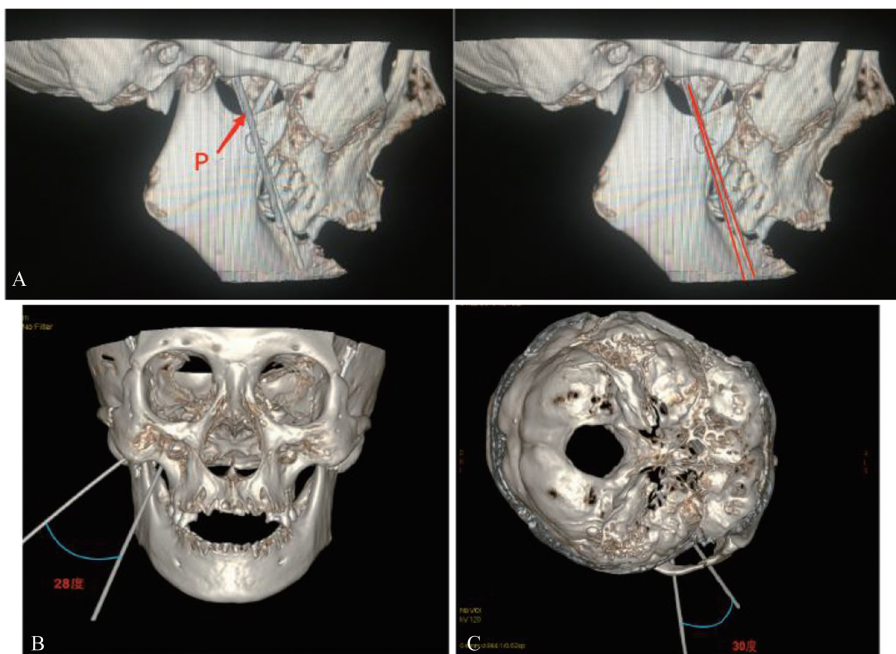


图 2 CT扫描后的颅骨标本和穿刺针的三维重建图像
A:矢状位;B:冠状位;C:轴位。

Figure 2 Three-dimensional reconstructed images of the skull specimen and probe after computed tomography
A: The sagittal view; B: The coronal view; C: The axial view.

1.2.3 CT扫描验证侧入路穿刺技巧及规律

依据 CT 扫描及三维重建测量到的两种穿刺路径之间的关系,可推测经侧入路穿刺半月神经节的规律:侧入路可选择前端约 1.0 cm 呈 30° 弧型弯曲的射频针,经由颞弓下紧贴下颌骨乙状切迹最下缘

进针,针尖达卵圆孔外口时,应弧度朝上并针体向背侧旋转 30° ,穿刺针滑过卵圆孔,穿刺进卵圆孔 1 cm 情况下,可达到 Hartel 穿刺相同的效果(图 3)。另外,通过测量可以发现:相比较 Hartel 穿刺入路,侧入路穿刺点相对固定,穿刺路径也更短(图 4)。

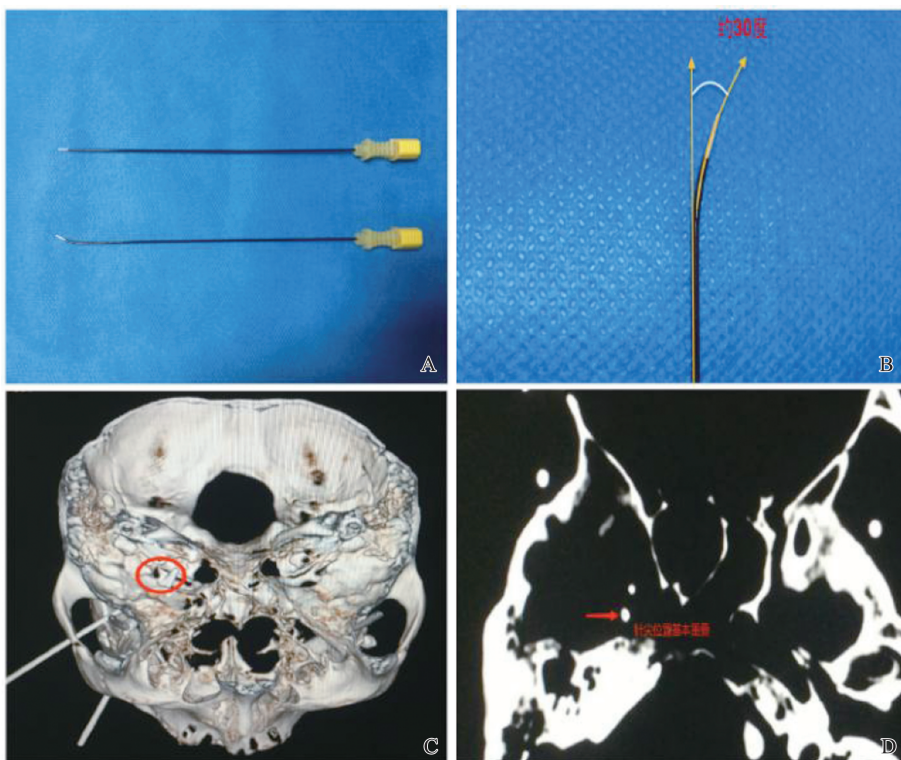


图3 CT扫描重建图像下侧入路穿刺方法

A~B:前端1.0 cm施以30°弧形弯曲塑形的射频穿刺针; C:CT三维重建图像下,两支穿刺针在颅内基本重叠;D:CT轴位图像下,两支针尖基本重叠在一起。

Figure 3 Computed tomography scan reconstruction image inferior approach puncture method

A-B: The front end, 1.0 cm bent in 300 arc and shaped radiofrequency probe; C: The two probes overlap in the computed tomography three-dimensional reconstruction image; D: In the CT axial image, the tips of the two needles essentially overlapped.

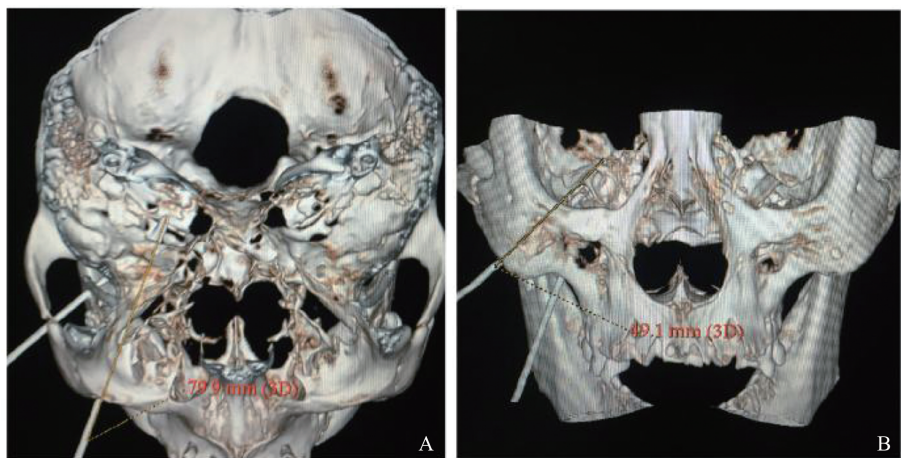


图4 颅骨CT三维重建图像下侧入路穿刺路径

A:测量Hartel入路穿刺路径约为80 mm; B:侧入路穿刺路径仅为约50 mm。

Figure 4 Three-dimensional reconstruction image of skull computed tomography shows shorter lateral approach puncture path

A: The access path in Hartel is approximately 80 mm; B: The side access path is approximately 50 mm.

1.2.4 经皮侧入路穿刺在三叉神经痛射频治疗中的应用

治疗前对所有患者行血常规、出凝血时间、心电图检查以排除治疗禁忌证,有高血压等基础病的患者给予对症治疗,控制病情。向患者及家属告知预期达到的效果及可能出现的问题,签署知

情同意书。术前停用镇痛药,禁食4 h,开放静脉输液通道以备[6]。

所有患者均采用射频治疗仪治疗。患者侧卧于CT扫描床上,患侧朝上,健侧垫枕保持头部中立位。皮肤消毒,铺无菌巾。CT扫描下确定皮肤穿刺点即患侧颊部贴下颌骨的乙状切迹最下缘,

0.75%利多卡因 2 mL 皮下局麻,选取针端裸露 0.5 cm、尖部呈 30°弯曲的 22 G 射频针,自皮肤标记点作垂直于皮肤的刺入 4.5~5.0 cm 可触及骨性结构即翼外板,标记进针深度后回撤针至皮下,然后向后呈 15°~20°、向上 15°~30°方向刺入,进针至标记深度时,患者诉面颊部放射痛,此时证实针尖已到达卵圆孔外口附近处,可推注 0.2 mL 0.5%的利多卡因以减缓疼痛。应用螺旋 CT 机行薄层颅底扫描,扫描层厚 0.5 mm,扫描宽度包括卵圆孔外口为中心上下各 2 cm,扫描结束后行三维 CT 的 VR 重建,确证针尖在卵圆孔外口外缘处,如未达此处应调整方向直至位置满意。依据颅骨标本建立的穿刺路径,调整针前端弧度向上、针尖朝向卵圆孔,并向背侧旋转针体 30°,推进穿刺针滑过卵圆孔进入孔

内约 0.7~1.0 cm,再行三维 CT 扫描 VR 图像重建以判断针尖位置,此时可见针尖部到达半月神经节,根据穿刺诱发疼痛的范围调整穿刺针位置、深度,以确保穿刺到位。连接射频电极针,贴敷皮肤电极板,通过测试电阻抗和感觉运动电刺激以确定穿刺位置无误,行射频热凝靶点毁损治疗,温度控制在 60 °C、65 °C、70 °C 各 60 s,75 °C 180 s 射频热凝治疗,共计 360 s。测试患者患侧的皮肤浅感觉可见减退,既往疼痛症状消失,诱发扳机点不再出现疼痛发作,治疗有效,术毕。术中应监测患者生命体征,以保证生命安全。术后可用抗生素 1~2 d。术后记录穿刺操作时间,射频针的进针深度、针尖进入卵圆孔的深度,观察即刻疗效及并发症(图 5)。

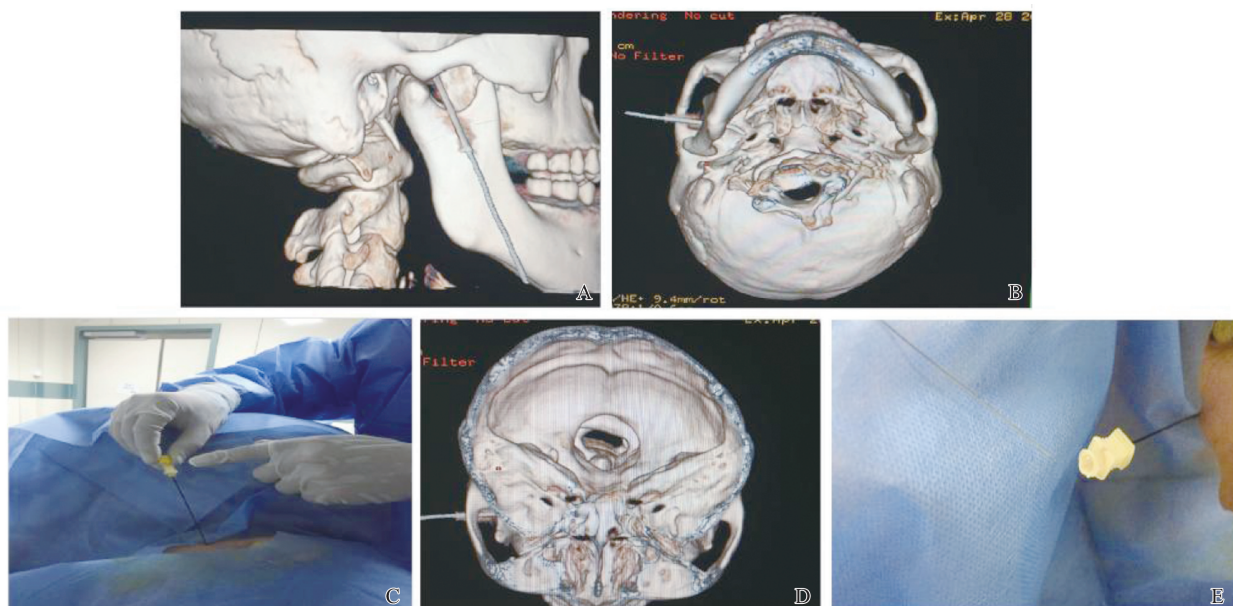


图 5 侧入路穿刺在三叉神经痛射频治疗中的临床应用

A: 射频针的进针点; B: 射频针尖到达卵圆孔外口处; C: 将射频穿刺针进行旋转调节; D: 射频针进入卵圆孔外口; E: 部分患者有脑脊液流出,证实穿刺针到达 Meckel's 囊。

Figure 5 Clinical application of lateral approach puncture in radio frequency treatment of trigeminal neuralgia

A: The RF needle injection point; B: The RF tip reached the outer port of the foramen ovale; C: The RF needle rotation adjustment; D: The radio frequency needle was inserted into the external orifice of the foramen ovale; E: Some patients exhibited cerebrospinal fluid leakage, confirming that the puncture needle had reached Meckel's sac.

1.2.5 术后随访

出院后每月行复诊或电话随访,采用 Brisman 疗效评判标准:完全无痛为“治愈”;疼痛明显减轻,偶尔需要服止痛药物为“显效”;疼痛减轻,但仍需要服用止痛药物为“有效”;疼痛与术前基本相同为“无效”^[7]。记录患者的疗效。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计学软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,独立样本 *t* 检验比较两种穿刺路径深度的差异。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 颅骨标本穿刺深度对比

经 CT 三维重建图像,观察两个穿刺针之间的位置关系。使用 Hartel 入路对标本 A、B、C 进行模拟穿刺,深度值分别为 67.32、75.19、73.91 mm,平均 (72.37 ± 5.14) mm。使用侧入路对标本 A、B、C 进行模拟穿刺,深度值分别为 49.63、47.63、45.04 mm,平均 (46.25 ± 3.74) mm。通过测量两针的夹角:矢状位

约呈 0° ,冠状位约呈 30° ,轴位约呈 30° 。侧入路模拟穿刺深度值明显短于Hartel入路,差异有统计学意义($P<0.01$)。

2.2 临床路径穿刺

依据技术规律,行CT引导侧入路卵圆孔穿刺半月神经节射频临床治疗。所有患者均顺利穿刺进入相应侧别的卵圆孔内,穿刺深度(4.6 ± 0.3)cm,进入卵圆孔内深度(8.1 ± 2.2)mm,平均手术时间(29.2 ± 8.1)min。根据诱发疼痛分布范围调整穿刺针的位置和进针深度,通过电生理测试、阻抗等进一步确定穿刺部位正确后,行温控射频热凝靶点毁损治疗。术中伴血压升高19例,均给予硝苯地平类药物治疗后得以控制。

2.3 患者疗效及随访情况

本组病例优良58例,好转6例,其中术后疼痛即刻消失55例,全部有效。其中面部感觉减退61例,面部皮下渗出肿胀7例,患侧咀嚼无力4例,均在射频热凝治疗术后1~6周内恢复。无视力模糊及结膜红肿或角膜溃疡发生,无张口困难和涎流的发生。无颅内血肿及死亡病例发生。术后均随访观察1周~12个月,未有复发。

3 讨论

原发性三叉神经痛在临床较为常见,其特征为发作性面部剧痛^[8]。目前原发性三叉神经痛中的“血管压迫学说”已被MR检查所证实,且三叉神经根微血管松解减压术疗效明显^[9-10],但其具体病因尚不明确^[11]。由于开颅手术风险大、费用高,较难被患者接受;而经皮穿刺卵圆孔半月神经节射频热凝治疗技术,以其微创和疗效明显而备受关注^[12-13]。

三叉神经卵圆孔穿刺半月神经节热凝手术的主要途径是Hartel入路^[14],具体操作以口角连线与经同侧眼外眦内侧的垂线的交叉点附近,口角外侧2.5cm为穿刺点,行朝向颅后和朝内的穿刺直至到达卵圆孔处,目前这种穿刺路径是最经典和常用的方法,在临床上三叉神经痛的射频热凝术、化学毁损术、微球囊压迫术等微创手术均采用这种方法^[15]。

Hartel入路穿刺法的穿刺点位于口角外侧,此处距离口腔较近,且分布着动脉,在此部位进行穿刺可能会损伤到面动脉,从而引起血肿^[16];此外,Hartel入路穿刺也可能损伤到上颌动脉影响治疗效果^[17],同时该穿刺路径存在以下缺陷:①穿刺路径长,据统计其穿刺深度约为6~7cm,造成穿刺偏差

大、需反复多次才可能穿刺成功,增加了操作难度和时间^[14]。②穿刺贴近口腔黏膜,易在穿刺过程中进入口腔而造成口腔黏膜损伤及出血,并可能因此诱发面部甚至颅内的感染^[18]。③临床初学者掌握这种方法的学习曲线偏陡峭,不利于微创手术治疗三叉神经痛的临床开展^[19]。

有学者报道了经颧颌点向卵圆孔穿刺的应用解剖研究,为临床三叉神经卵圆孔半月神经节穿刺提供了一个新的可行的穿刺入路^[20-21]。刘垒等^[5]曾报道经三维CT引导下侧方入路行半月神经节射频热凝治疗三叉神经痛,该方法疗效确切,无严重并发症,并具穿刺路径短、安全性好、操作时间更短、第Ⅲ支疼痛临床效果最佳,可作为前路穿刺的弥补治疗。邹锦慧等^[22]通过解剖研究显示,前穿刺点至卵圆孔距离(57.78 ± 3.37)mm,;靳子娟等^[23]报道显示,三叉神经半月节穿刺至卵圆孔段平均深度(77.60 ± 10.20)mm;而颧骨关节结节尖端与卵圆孔的距离为(36.48 ± 2.59)mm,后者路径更短。

研究发现,较之既往报道的侧入路^[5,24],将皮肤穿刺点由颧颌点改良为下颌骨紧贴乙状切迹上沿处更具优势。并通过观察CT图像,测量两种穿刺路径所呈夹角规律:矢状位约为 0° ,冠状位约 30° ,轴位约 30° 。由此推断,侧入路穿刺针进入卵圆孔向上 30° ,同时穿刺针入卵圆孔时向后侧旋转 30° ,方可纠正冠状位、轴位的成角,而达到Hartel入路相同的半月神经节穿刺效果。

本研究在CT扫描重建图像下,对该技术予以验证,由此奠定侧入路穿刺的解剖基础,为其提供操作的理论基础。该方法因相对斜行穿过卵圆孔,对于三叉神经痛下颌支疼痛为主的患者的治疗效果更为明确。因为经侧方入路行卵圆孔穿刺是由 30° 弯曲弧度的射频针,从侧方横贯卵圆孔后刺入半月神经节内,对三叉神经2、3支为主的疼痛效果更好。此外本方法可作为Hartel入路穿刺进针困难时的备选方案:临床上如存在前入路穿刺困难的现象,此时再选择侧入路进针可减少不必要的穿刺风险^[22-23],以便顺利完成手术。射频尖端弯针能够较容易避开卵圆孔骨性结构的阻挡,从而达到理想的射频热凝毁损效果^[25-26]。

本研究结果显示,在CT影像的引导下,依照侧入路穿刺方法和规律,入组患者均顺利穿刺卵圆孔成功。所有病例均取得满意疗效,其中63例患者的疼痛症状在术后即刻消失。未发生颅内血肿、死亡等不良事件。在1周~12个月的观察随访期内未有复发,效果满意。

本研究结果显示,通过穿刺针和颅骨标本配合,经由CT扫描及重建图像,对比两种穿刺路径,为临床建立了CT引导下经皮侧入路卵圆孔穿刺路径;另外,经临床证实三维CT重建技术引导下侧入路穿刺具有安全性、可行性和有效性。但需要指出的是该研究仍需大样本、多中心、随机对照和长期随访予以完善。

参考文献:

- [1] 王亮亮,张铭,孙振伟,等.伽玛刀与微血管减压术治疗原发性三叉神经痛的疗效比较[J]. 山东大学学报(医学版), 2021, 59(1): 28-33.
WANG Liangliang, ZHANG Ming, SUN Zhenwei, et al. Comparison of efficacy of gamma knife radiosurgery and microvascular decompression in the treatment of primary trigeminal neuralgia[J]. Journal of Shandong University (Health Science), 2021, 59(1): 28-33.
- [2] 韩济生. 疼痛学[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2012: 440-457.
- [3] 吴承远,刘玉光. 三叉神经痛[M]. 2版. 济南: 山东科学技术出版社, 2008: 141-150.
- [4] 刘垒,吴承远,张强,等. 经侧方入路行半月神经节射频热凝术治疗三叉神经痛研究[J]. 中国疼痛医学杂志, 2012, 18(7): 441-442.
LIU Lei, WU Chengyuan, ZHANG Qiang, et al. Study on radiofrequency thermocoagulation of semilunar ganglion via lateral approach for trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2012, 18(7): 441-442.
- [5] 刘垒,张强,崔晓鲁,等. 三维CT下侧入路半月神经节穿刺射频治疗三叉神经痛[J]. 影像研究与医学应用, 2017, 1(16): 135-136.
LIU Lei, ZHANG Qiang, CUI Xiaolu, et al. Radiofrequency treatment of trigeminal neuralgia by puncture of semilunar ganglion through inferior approach of three-dimensional CT[J]. Journal of Imaging Research and Medical Applications, 2017, 1(16): 135-136.
- [6] 吴承远,孟凡刚,刘玉光,等. 选择性射频热凝治疗三叉神经痛1936例临床分析与手术技巧[J]. 中国疼痛医学杂志, 2005, 11(1): 15-18.
WU Chengyuan, MENG Fangang, LIU Yuguang, et al. Clinical experience and skill of selective percutaneous radiofrequency thermocoagulation for the treatment of trigeminal neuralgia of 1936 cases[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2005, 11(1): 15-18.
- [7] Brisman R. Gamma knife radiosurgery for primary management for trigeminal neuralgia[J]. J Neurosurg, 2000, 93(Suppl 3): 159-161.
- [8] 欧阳禹权,石涛涛,魏俊怀,等. 微血管减压术与伽玛刀治疗原发性三叉神经痛疗效的Meta分析[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2020, 25(2): 62-67.
OUYANG Yuquan, SHI Taotao, WEI Junhui, et al. Meta analysis of the efficacy of microvascular decompression and gamma knife for primary trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Neurosurgery, 2020, 25(2): 62-67.
- [9] 周平,邓燕,刘开军,等.微血管减压术联合三叉神经梳理术治疗复发性三叉神经痛疗效分析[J]. 立体定向和功能性神经外科杂志, 2022, 35(3): 133-137.
ZHOU Ping, DENG Yan, LIU Kaijun, et al. Microvascular decompression combined with trigeminal nerve combing in the treatment of recurrent trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Stereotactic and Functional Neurosurgery, 2022, 35(3): 133-137.
- [10] 张锐光,陈浩龙,曹西,等. 微血管减压术与经皮微球囊压迫术治疗原发性三叉神经痛的疗效对比[J]. 中国临床神经外科杂志, 2021, 26(11): 873-874.
ZHANG Ruiguang, CHEN Haolong, CAO Xi, et al. Comparison between microvascular decompression and percutaneous balloon compression in the treatment of primary trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Clinical Neurosurgery, 2021, 26(11): 873-874.
- [11] Kitt CA, Gruber K, Davis M, et al. Trigeminal neuralgia: opportunities for research and treatment[J]. Pain, 2000, 85(1/2): 3-7.
- [12] Lv W, Hu W, Chi L, et al. Factors that may delay disappearance of trigeminal neuralgia after percutaneous balloon compression[J]. Neurol Neurochir Pol, 2022, 56(2): 156-162.
- [13] Spina A, Boari N, Gagliardi F, et al. Gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia: when? [J]. Neurosurg Rev, 2019, 42(2): 599-601.
- [14] 李彤,钱晓焱,郑蓉,等. CT引导下半月神经节射频热凝术与臭氧注射治疗三叉神经痛的疗效比较[J]. 中国疼痛医学杂志, 2021, 27(10): 744-749.
LI Tong, QIAN Xiaoyan, ZHENG Rong, et al. Comparison of the efficacy of CT-guided percutaneous radiofrequency thermocoagulation and ozone injection of the gasserian ganglion in the treatment of trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2021, 27(10): 744-749.
- [15] 魏艳华,李亚瑞,杨凤东.不同入路射频术对原发性三叉神经痛患者疼痛程度及并发症的影响[J]. 实用中西医结合临床, 2021, 21(24): 124-125.
WEI Yanhua, LI Yarui, YANG Fengdong. Effect of different approaches of radio frequency surgery on pain severity and complications in patients with primary trigeminal neuralgia[J]. Practical Clinical Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2021, 21(24): 124-125.

- [16] 张璐莎, 张紫琪, 齐运杰, 等. 传统直针与改良弯针入路经圆孔治疗三叉神经第 II 支疼痛的临床疗效分析[J]. 中国疼痛医学杂志, 2022, 28(11): 860-864.
ZHANG Lusha, ZHANG Ziqi, QI Yunjie, et al. Clinical efficacy analysis of traditional straight needle and modified curved needle approach in the treatment of trigeminal nerve branch II pain[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2022, 28(11): 860-864.
- [17] 陈良禹, 戴罗桓, 乔普丹, 等. 改良圆孔外口穿刺术治疗上颌神经痛的骨性解剖学观测[J]. 中国临床解剖学杂志, 2021, 39(5): 524-528.
CHEN Liangyu, DAI Luoheng, QIAO Pudan, et al. Observation of bony anatomy of modified foramen external ocellus for the treatment of maxillary neuralgia[J]. Chinese Journal of Clinical Anatomy, 2021, 39(5): 524-528.
- [18] 吴承远, 刘玉光. 临床神经外科学[M]. 2版. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [19] 王宏昭, 焦峻峰, 马琳, 等. 显微血管减压术与伽玛刀治疗老年原发性三叉神经痛近期疗效的对比分析[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2019, 24(7): 307-309.
WANG Hongzhao, JIAO Junfeng, MA Lin, et al. Comparative analysis of the short term efficacy of microvascular decompression and gamma knife in the treatment of elderly patients with idiopathic trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Neurosurgery, 2019, 24(7): 307-309.
- [20] 潘雪芹, 王然, 张云茜, 等. 三叉神经痛经皮颅底卵圆孔半月神经节穿刺引导技术的研究进展[J]. 临床神经外科杂志, 2022, 19(2): 236-240.
PAN Xueqin, WANG Ran, ZHANG Yunqian, et al. Research progress of percutaneous puncture and guidance of semilunar ganglion through foramen ovale of skull base in trigeminal neuralgia[J]. Journal of Clinical Neurosurgery, 2022, 19(2): 236-240.
- [21] 郭强, 麻瑞晨, 党彩艳, 等. 两种穿刺入路射频热凝治疗原发性三叉神经痛的临床比较[J]. 中国疼痛医学杂志, 2017, 23(8): 613-615.
GUO Qiang, MA Ruichen, DANG Caiyan, et al. Clinical comparison of radio frequency thermocoagulation through two puncture approaches in the treatment of primary trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2017, 23(8): 613-615.
- [22] 邹锦慧, 谭建民. 颅骨卵圆孔穿刺的应用解剖[J]. 四川解剖学杂志, 2005, 13(2): 7-8.
ZHOU Jinhui, TAN Jianmin. Applied anatomy of the foramen ovale puncture of the skull[J]. Sichuan Journal of Anatomy, 2005, 13(2): 7-8.
- [23] 靳子娟, 王晶晶, 李云, 等. 经皮穿刺微球囊压迫术相关的解剖研究及其临床意义[J]. 中国疼痛医学杂志, 2023, 29(1): 20-23.
JIN Zijuan, WANG Jingjing, LI Yun, et al. The clinical significance and the related anatomy about foramen ovale in percutaneous microballoon compression for the treatment of trigeminal neuralgia[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2023, 29(1): 20-23.
- [24] 韩影, 王然, 陆丽娟. 3D重建在三叉神经第二支射频治疗穿刺路径选择中的应用[J]. 中国疼痛医学杂志, 2016, 22(12): 903-907.
HAN Ying, WANG Ran, LU Lijuan. The application of 3d reconstruction technique for choosing the approach of radio-frequency treatment of v2 of trigeminal nerve[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2016, 22(12): 903-907.
- [25] 王然, 韩影, 王乃堃, 等. 改良 Hartel 入路在卵圆孔穿刺中的应用效果[J]. 临床麻醉学杂志, 2019, 35(2): 156-159.
WANG Ran, HAN Ying, WANG Naikun, et al. Effect of modified Hartel approach for foramen ovale cannulation[J]. Journal of Clinical Anesthesiology, 2019, 35(2): 156-159.
- [26] 焦赫娜, 任飞. 两种圆孔外口穿刺路径射频热凝治疗上颌神经痛的临床比较[J]. 中国疼痛医学杂志, 2018, 24(11): 836-840.
JIAO Hena, REN Fei. Comparison of two percutaneous puncturing path through foramen rotundum for radio frequency thermocoagulation in treating primary trigeminal maxillary neuralgia[J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2018, 24(11): 836-840.

(编辑:徐苗蓁)